

**PRIORITY DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH  
 RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 11 JUN 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
 einer Gebrauchsmusteranmeldung**

**BEST AVAILABLE COPY**

**Aktenzeichen:** 202 09 440.5

**Anmeldetag:** 13. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:** SIG Technology Ltd., Neuhausen am Rheinfall/CH

**Bezeichnung:** Vorrichtung zum Bewegen und Positionieren eines Gegenstandes im Raum

**IPC:** B 25 J 11/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 7. März 2003  
 Deutsches Patent- und Markenamt  
 Der Präsident

Im Auftrag

Joost

SIG Technology Ltd.

5

Vorrichtung zum Bewegen und Positionieren eines Gegenstan-  
des im Raum

10

Technisches Gebiet

15

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bewegen und Positionieren eines Gegenstandes im Raum gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1. Es handelt sich dabei um eine in der Fachwelt als Roboter mit Parallelkinematik beziehungsweise Deltaroboter bezeichnete Vorrichtung.

20

Stand der Technik

25

30

Eine gattungsgemässe Vorrichtung zum Bewegen und Positionieren eines Gegenstandes im Raum ist in EP-A-0'250'470 beschrieben. Dieser Deltaroboter weist eine Basisplatte auf, an welchem erste Enden dreier Arme schwenkbar angeordnet sind. Jeder Arm ist einzeln über einen Motor angetrieben, wobei die drei Motoren in einer durch die Basisplatte definierten Ebene so angeordnet sind, dass je eine der Motorenachsen entlang je einer Seite eines imaginären gleichseitigen Dreiecks verläuft. Die zweiten Enden der Arme sind mit einer gemeinsamen Tragplatte gelenkig verbunden. An dieser Tragplatte sind Greifmittel, beispielsweise ein Saugnapf, angeordnet, um den zu bewegenden Gegenstand zu ergreifen und zu halten. Eine teleskopartige vierte Achse, welche von

einem vierten Motor angetrieben ist, ist gelenkig mit der Basisplatte und der Tragplatte verbunden.

Eine ähnliche Vorrichtung ist aus EP-A-1'129'829 bekannt.

5 Hier sind die Motoren unterhalb der Ebene der Basisplatte angeordnet. Ferner durchsetzt die vierte Achse die Basisplatte, wobei sie oberhalb der Basisplatte mit dem vierten Motor verbunden ist.

10 Diese Deltaroboter haben sich in automatisierten Anlagen, insbesondere in der Verpackungsindustrie, bewährt. Sie haben den Vorteil, dass sie sich mit hoher Geschwindigkeit und doch präzise zwischen zwei Positionen bewegen können und dass sie Positionen innerhalb eines relativ grossen  
15 dreidimensionalen Bereichs anfahren können.

Üblicherweise sind die Antriebsmotoren über ein Getriebe mit den einzelnen Armen gekoppelt. Diese Motor/Getriebeeinheiten sollten auch bei schnellen  
20 Start/Stop-Vorgängen eine hohe reproduzierbare Positioniergenauigkeit des Greifmittels ermöglichen. Das Getriebe sollte somit praktisch spielfrei sein, eine schnelle Beschleunigung erlauben und ein möglichst kleines Volumen aufweisen.

25

So sind aus WO 00/35640 und EP-A-1'129'829 Motor/Getriebeeinheiten bekannt, welche in diesen Deltarobotern eingesetzt werden. In WO 00/35640 (Fig. 1) wird ein hochbauendes zweistufiges Stirnradgetriebe verwendet; in  
30 EP-A-1'129'829 (Fig. 5) erstreckt sich die Bauhöhe über die Basisplatte hinaus. Dies ist nachteilig, da sich das Eigenfrequenzverhalten der Aufhängevorrichtung, in welche der Deltaroboter montiert wird, bei zunehmender Bauhöhe in etwa

der zweiten Potenz verschlechtert. Dadurch wird bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten die geforderte Genauigkeit nicht mehr erreicht. Um dies zu vermeiden, muss der Deltaroboter eine grössere Masse aufweisen, was sich wiederum nachteilig auf die Statik auswirkt.

Ein weiteres Problem ist die Bauhöhe der Aufhängevorrichtung selber, welche bei entsprechend geringer Raumhöhe am Aufstellungsort den Einsatz der Vorrichtung verhindert oder wenigstens eine Absenkung des Deltaroboters erfordert. Eine solche Absenkung des Arbeitsbereiches ist nicht zulässig, wenn vor- oder nachgelagerte Arbeiten manuell ausgeführt werden müssen.

Ebenfalls ein möglichst spielarmes Getriebe ohne drehelastische Verspannungen offenbart DE-A-4'413'872. Dieses Planetenzahnradgetriebe weist Getriebestufen auf, welche bei der Montage eine radiale Verschiebung der Lager des Umlaufträgers und der zwei Hohlräder erlauben. Das Getriebe wirkt zwar in beiden Drehrichtungen gleich. Es weist jedoch ein negatives Schwingungsverhalten auf.

DE-A-197'57'433 geht detaillierter auf die Problematik der bekannten Motor/Getriebeeinheiten für schnelle Positionierungsaufgaben ein. Zusätzlich zur grundsätzlichen Problematik der Spielfreiheit muss nämlich der nicht vermeidbare Verschleiss des Getriebes berücksichtigt werden. DE'433 geht von der Erkenntnis aus, dass es für eine hohe Positioniergenauigkeit ausreicht, ein im Planetengetriebe vorhandenes Spiel im Bereich der Endpositionen zu minimieren. In Zwischenpositionen auftretende spielbedingte Lageveränderungen werden akzeptiert. Es werden deshalb Massnahmen vorgeschlagen, welche sich ausschliesslich bei kleineren durch das

Getriebe zu übertragenden Drehmomenten auswirken. Diese Massnahmen bestehen darin, dass ein mit dem Planetenrad zusammenwirkendes, achsgleich drehendes Zusatzzahnrad vorhanden ist, welches eine geringere Breite aufweist als das Planetenrad. Das Zusatzzahnrad ist mit einer Feder drehelastisch verspannt, wobei die Verspannung dazu führt, dass das Planetenrad in den Endpositionen eine definierte Position einnimmt. Diese lediglich in den Endpositionen vorhandene Spielfreiheit und die damit verbundene Richtungsabhängigkeit wirken sich jedoch negativ auf die Laufruhe und den Verschleiss, die Getriebesteifigkeit und das Schwingungsverhalten aus.

Aus GB-A-2'213'555 ist ferner ein spielfreies Getriebe für Industrieroboter bekannt, bei welchem der bei Drehrichtungsänderung entstehende Schlag durch eine richtungsgetrennte Drehmomentübertragung vermieden wird. Diese richtungsgetrennte Drehmomentübertragung wird dadurch erreicht, dass die Achsen der Planetenräder im Vergleich zur Achse des Sonnenrads versetzt angeordnet sind. Die Zähne der Planetenräder kämmen somit in einer Drehrichtung an einer Flanke des Hohlrads und in gegengesetzter Drehrichtung an der gegenüberliegenden Seite.

DE-A-100'58'192 beschreibt ein spielfreies Planetenzahnradgetriebe. Die Planetenräder, welche zwischen Sonnenrad und Hohlrad kämmen, sind jeweils um einen Planetenradbolzen drehbar gelagert und über diesen an einem Umlaufträger fixiert. Diese Planetenradbolzen sind ausschliesslich stoffschlüssig fest mit dem Umlaufträger verbunden. Vorzugsweise sind sie verschweisst.

### Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Deltaroboter der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher eine in Bezug auf Spiel, Grösse, Schwingungsverhalten und Regelparameter optimierte Antriebseinheit aufweist.

10 Diese Aufgabe löst eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Der erfindungsgemässe Deltaroboter weist ein Getriebe auf, dessen mindestens eine Getriebestufe, beziehungsweise deren Komponenten, verspannt ist und dessen Spielfreiheit dadurch erreicht ist, dass einzelne Getriebekomponenten stoff- und/oder formschlüssig miteinander verbunden sind, um eine Spielfreiheit des Getriebes über den gesamten Bewegungs-  
reich zu ermöglichen.

20 Die stoff- und/oder formschlüssige Verbindung in Kombination mit der Verspannung der Komponenten der Getriebestufen führt zu einer erhöhten Steifigkeit in beiden Bewegungsrichtungen und ermöglicht dadurch eine entsprechend optimierte Regelung, die zu einem steiferen Systemverhalten führt. Die über den gesamten Bewegungsbereich vorhandene Spielfreiheit optimiert zudem das Schwingverhalten und die Genauigkeit des Deltaroboters. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steifigkeit in beiden Bewegungsrichtungen identisch, so dass für beide Richtungen dieselben Regelparameter angewendet werden können. In einer bevorzugten Aus-  
30 führungsform ist mindestens eine Getriebestufe rotations-symmetrisch verspannt.

Ist der Motor koaxial mit der Getriebeeinheit verbunden, so lässt sich die Motor/Getriebeeinheit sehr kompakt und somit relativ klein ausgestalten. Dies vermindert das Gesamtgewicht und den Platzbedarf der Einheit insbesondere in Bezug auf die Bauhöhe, was sich wiederum vorteilhaft auf das Schwingungsverhalten der Aufhängevorrichtung auswirkt. Da bei Deltaroboter die Einheiten in einer Ebene und je auf einer Seite eines Vielecks, insbesondere eines Dreiecks, angeordnet sind, ist die Minimierung der Grösse der Einheit von zentraler Bedeutung.

Eine ausschliesslich stoffschlüssige Verbindung hat gegenüber einer form- und stoffschlüssigen beziehungsweise einer rein formschlüssigen Verbindung den Vorteil, dass die Herstellung des Getriebes vereinfacht ist, dass an die einzelnen Komponenten und an die Montage geringere Anforderungen betreffend Masshaltigkeit gestellt werden, und dass das Getriebe kleiner und leichter ausgestaltet sein kann.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

25

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, welches in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt ist, erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines Deltaroboters;

Figur 2 ein Detail des Deltaroboters gemäss Figur 1 mit

einer erfindungsgemässen Motor/Getriebeeinheit;

Figur 3 eine Motor/Getriebeeinheit gemäss Figur 2 und

5 Figur 4 eine Explosionsdarstellung der Befestigung eines Arms an der Motor/Getriebeeinheit.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

10

In Figur 1 ist ein Deltaroboter bekannter Art dargestellt, wie er beispielsweise in EP-A-0'250'470 und EP-A-1'129'829 beschrieben ist. Es wird deshalb nicht mehr im Detail auf seinen Aufbau und seine Steuerung eingegangen. Der Deltaroboter,

15

dessen Bewegungen nach dem Prinzip der Parallelkinematik ausgeführt werden, weist im wesentlichen ein Basiselement 1, mindestens drei Arme 2, ein Trägerelement 3 mit nicht dargestellten Greifmitteln, beispielsweise ein Sauger, und zu jedem Arm eine eigene Motor/Getriebeeinheit 5

20

auf. Vorzugsweise ist ferner eine bezüglich der Anordnung der Arme 2 zentrisch angeordnete teleskopartige vierte Achse 4 vorhanden. Speziell am Deltaroboter ist, dass die Arme 2 über die zugehörige Motor/Getriebeeinheit 5 gelenkig am Basiselement 1, hier plattenförmig ausgebildet, und über

25

ein unteres Gelenk 24 am gemeinsamen Trägerelement 3, hier ebenfalls plattenförmig ausgebildet, angeordnet sind, wobei die zugehörigen Motor/Getriebeeinheiten 5 in einer gemeinsamen Ebene auf den Seiten eines imaginären Vielecks angeordnet sind. Vorzugsweise sind drei Arme 2 vorhanden, und

30

das Vieleck ist als gleichseitiges Dreieck ausgebildet.

Wie in Figur 2 ersichtlich ist, weist jede Motor/Getriebeeinheit 5 einen Motor 50 und ein Getriebe 52

auf. Der Motor 50 ist über Motoranschlüsse 51 mit einer nicht dargestellten Steuerung verbunden. Der Motor kann ein Servomotor, ein Asynchronmotor, ein Drehstrommotor oder ein anderer, für den Einsatzbereich geeigneter Motor sein. Wie in der Figur 2 dargestellt, ist der Motor 50 coaxial mit dem Getriebe verbunden, um eine kompakte Bauweise zu erhalten. Die gemeinsame Achse liegt dabei auf einer Seite des oben erwähnten imaginären Vielecks. Mit dem Getriebe 52 ist über einen, in Figur 3 sichtbaren, getriebeseitigen Anschlussflansch 53 der zugehörige Arm 2 fest verbunden. Der Arm 2 besteht deshalb aus einem mit dem Getriebe 52 fest verbundenen Oberarm 21 und einem mit diesem über ein oberes Gelenk 22, beispielsweise ein Kardangelenk, gelenkig verbundenen Unterarm 23.

Der Oberarm 21 ist, wie in Figur 4 sichtbar ist, über einen armseitigen Anschlussflansch 20 mit dem getriebeseitigen Anschlussflansch 53 verschraubt. Die Befestigungsschrauben 25 sind vorzugsweise mit einer Abdeckkappe 26 zugedeckt, um eine Verschmutzung zu verhindern, beziehungsweise eine Reinigung zu erleichtern.

Das in dieser Anordnung verwendete Getriebe 52 weist Getriebestufen auf, welche bei der Montage zueinander einstellbar sind, um fertigungsbedingte Getriebetoleranzen auszugleichen. Vorzugsweise sind die Getriebestufen rotationssymmetrisch verspannt. Ferner ist es über den gesamten Bewegungsbereich praktisch spielfrei ausgebildet, indem einzelne Getriebekomponenten form- und/oder stoffschlüssig verbunden sind. Vorzugsweise weist mindestens eine dieser Getriebestufen an- und abtriebsseitige Drehachsen auf, welche coaxial verlaufen, wobei der Motor 50 ebenfalls bezüglich dieser Achse coaxial verläuft. Das Getriebe 52 kann

ein- oder mehrstufig ausgebildet sein. Vorzugsweise ist es ein Planetenzahnradgetriebe. Ausführungsformen mit kombinierten Stirnrad- und Planetengetrieben oder andere kombinatorischen Mehrstufengetriebe sind auch möglich. Im Falle  
5 des kombinierten Stirnrad- und Planetengetriebes ist wenigstens eine Getriebestufe vorhanden, deren antriebsseitige Rotationsachse axial versetzt zu ihrer abtriebsseitigen Rotationsachse verläuft.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Getriebe ein Planetenzahnradgetriebe, wie es in DE-A-100'58'192 beschrieben und von der Firma Wittenstein unter der Typenbezeichnung TPM 025 vertrieben wird. Dieses Getriebe weist  
15 Mittel zum dauerhaften Spielausgleich für einen gewünschten spielfreien Lauf auf.

In einer anderen Ausführungsform ist es ein Planetenzahnradgetriebe, wie es in GB-A-2'213'555 beschrieben ist. Das Getriebe ist als sogenanntes Harmonic Drive-Getriebe ausgebildet, nämlich mit einer elliptischen Scheibe mit zentrischer Nabe und elliptisch verformbaren Kugellagern, einer  
20 elliptisch verformbaren Buchse mit Aussenverzahnung und einem starren zylindrischen Ring mit Innenverzahnung.

25 Die erfindungsgemässe Vorrichtung ermöglicht eine Optimierung praktisch aller für den Deltaroboter wesentlichen Aspekte, insbesondere die erhöhte Steifigkeit, das direktere Regelverhalten, den geringeren Platzbedarf, die höhere Geschwindigkeit und die verbesserte Positioniergenauigkeit.

**Bezugszeichenliste**

	1	Basiselement
5	2	Arm
	20	armseitiger Anschlussflansch
	21	Oberarm
	22	oberes Gelenk
	23	Unterarm
10	24	unteres Gelenk
	25	Befestigungsschrauben
	26	Abdeckkappe
	3	Trägerelement
	4	Vierte Achse
15	5	Motor/Getriebeeinheit
	50	Motor
	51	Motoranschlüsse
	52	Getriebe
	53	getriebeseitiger Anschlussflansch
20		

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Bewegen und Positionieren eines Gegenstandes im Raum mit einem Basiselement (1), mit mindestens drei am Basiselement (1) angeordneten Motor/Getriebeeinheiten (5), mit mindestens drei Armen (2), welche an einem ersten Ende je mit einer Motor/Getriebeeinheit (5) verbunden sind und welche an einem zweiten Ende gelenkig mit einem gemeinsamen Tragelement (3) verbunden sind, an welchem mindestens ein Greifmittel zum Greifen des Gegenstandes angeordnet ist, wobei die Motor/Getriebeeinheiten (5) in einer durch das Basiselement (1) definierten Ebene oder in einer parallel dazu verlaufenden Ebene so angeordnet sind, dass sie die Seiten eines imaginären Vielecks bilden, dadurch gekennzeichnet, dass die Motor/Getriebeeinheit (5) ein Getriebe (52) aufweist, dessen mindestens eine Getriebestufe verspannt ist, und dass das Getriebe (52) durch stoff- und/oder form-schlüssige Verbindung von Getriebekomponenten über den gesamten Bewegungsbereich des Getriebes (52) mindestens nahezu spielfrei ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass genau drei Arme (2) und genau drei Motor/Getriebeeinheiten (5) vorhanden sind und dass je eine Motor/Getriebeeinheit (5) auf je einer Seite eines imaginären Dreiecks angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das imaginäre Dreieck gleichseitig ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch

gekennzeichnet, dass eine teleskopartige vierte Achse (4) vorhanden ist, welche mit dem Trägerelement (3) verbunden ist.

- 5 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Motor/Getriebeeinheit (5) mindestens eine Getriebestufe aufweist, wobei mindestens eine dieser Getriebestufen, vorzugsweise alle, antriebsseitige und abtriebsseitige Drehachsen aufweisen, welche koaxial verlaufen, und dass die Motor/Getriebeeinheit (5) einen Motor (50) aufweist, welcher koaxial mit dieser mindestens einen Getriebestufe verbunden ist.
- 10
- 15 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe (52) ein Planetenzahnradgetriebe ist und dass das Planetenzahnradgetriebe zwischen einem Sonnenrad und einem Hohlrad kämmende, jeweils über einen Planetenradbolzen an einem Umlaufträger fixierte, um den jeweiligen Planetenradbolzen drehbar gelagerte Planetenräder aufweist.
- 20
- 25 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe (52) ein Planetenzahnradgetriebe ist und dass das Planetenzahnradgetriebe zwischen einem Sonnenrad und einem Hohlrad kämmende Planetenräder aufweist, wobei die Achsen der Planetenräder im Vergleich zur Achse des Sonnenrads versetzt angeordnet sind.
- 30
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe (52) ein- oder mehrstufig ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Getriebe (52) ein kombiniertes Stirnrad-  
Planetengetriebe ist, wobei mindestens eine Getriebe-  
5 stufe vorhanden ist, deren antriebsseitige Achse axial  
versetzt zu ihrer abtriebsseitigen Achse verläuft.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch  
gekennzeichnet, dass die mindestens eine gespannte Ge-  
10 triebestufe rotationssymmetrisch gespannt ist.

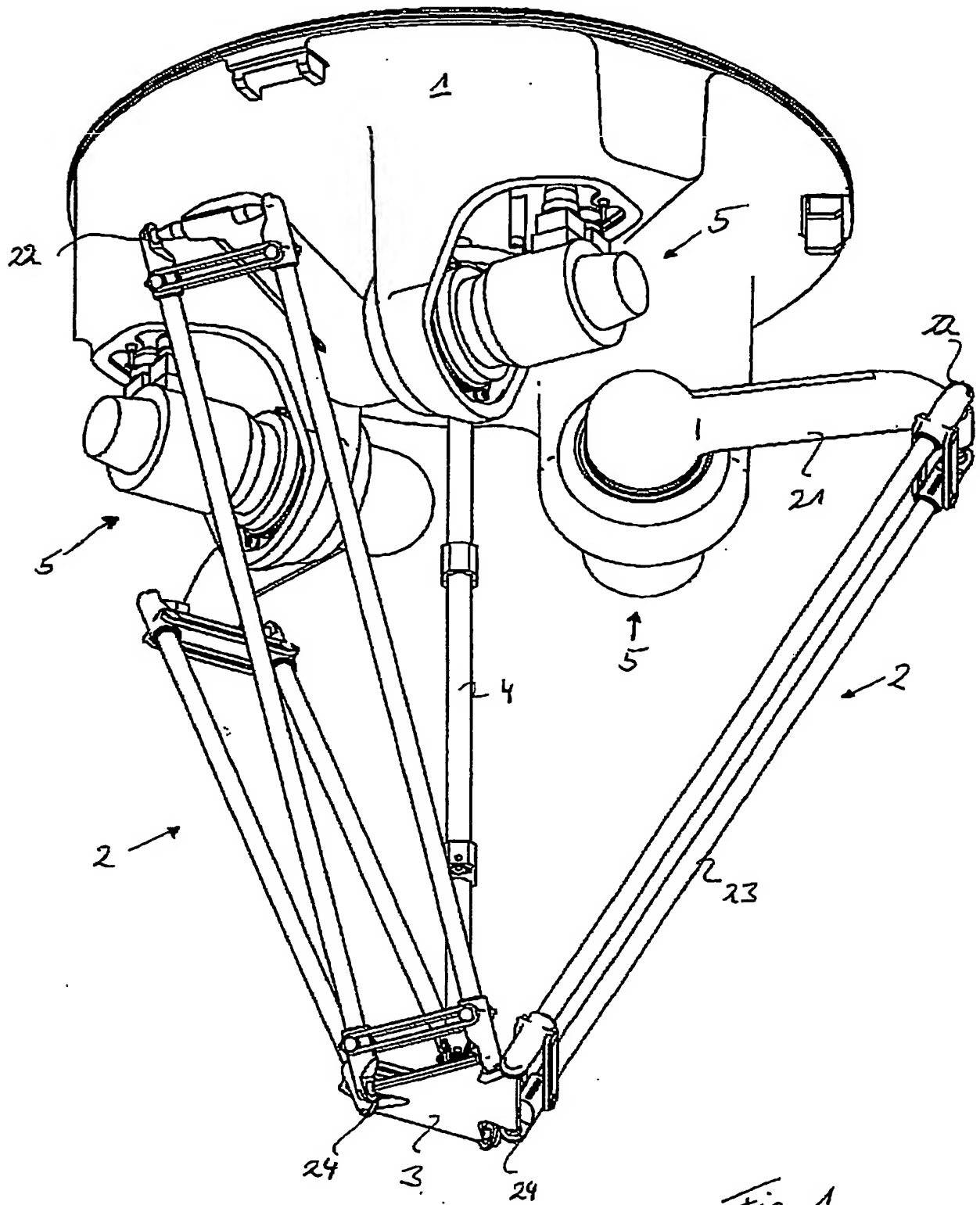


Fig. 1

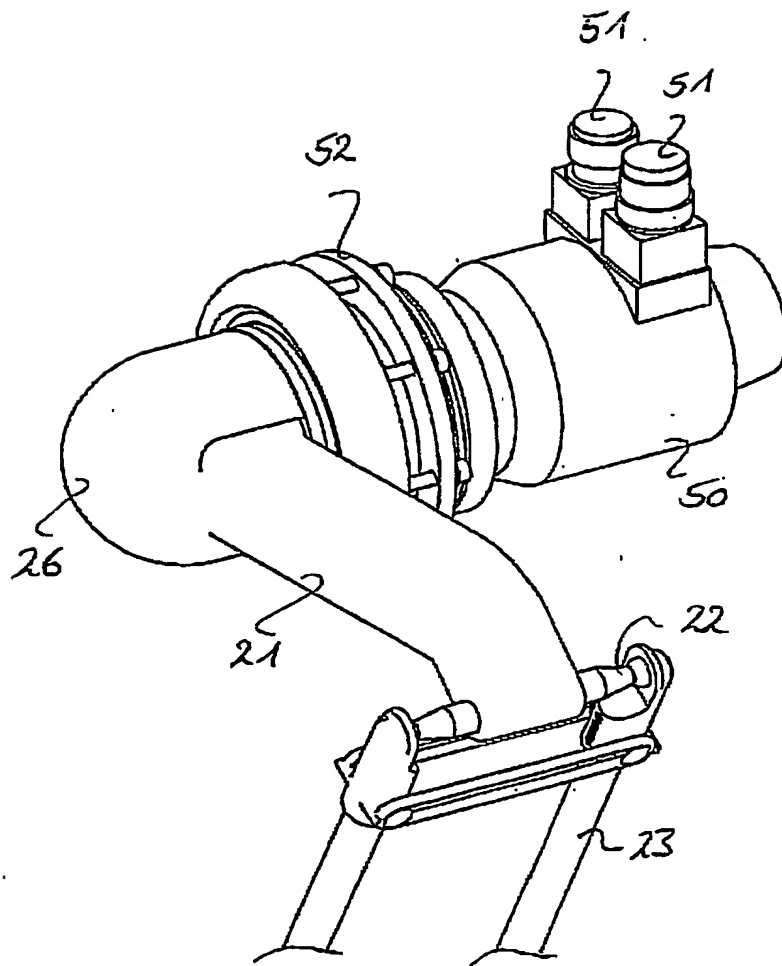


Fig. 2

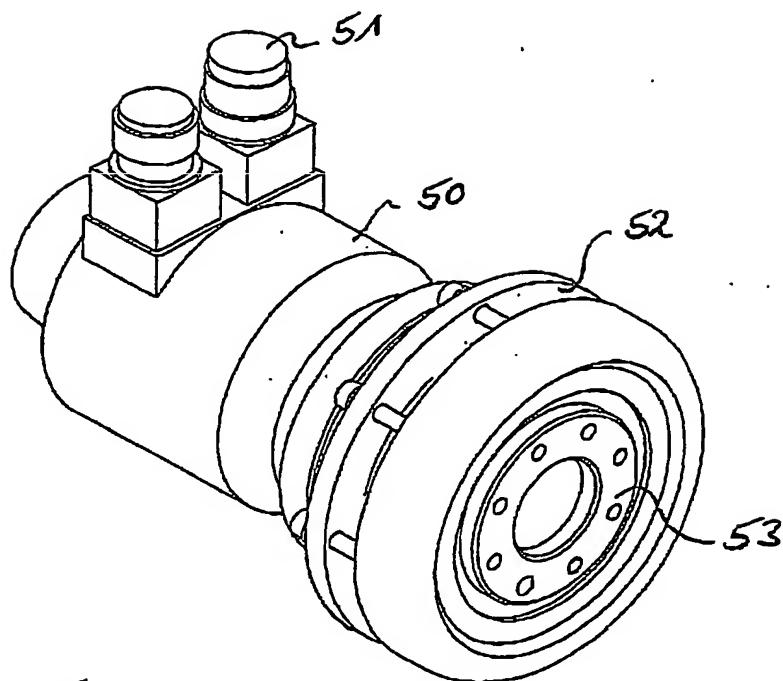


Fig. 3

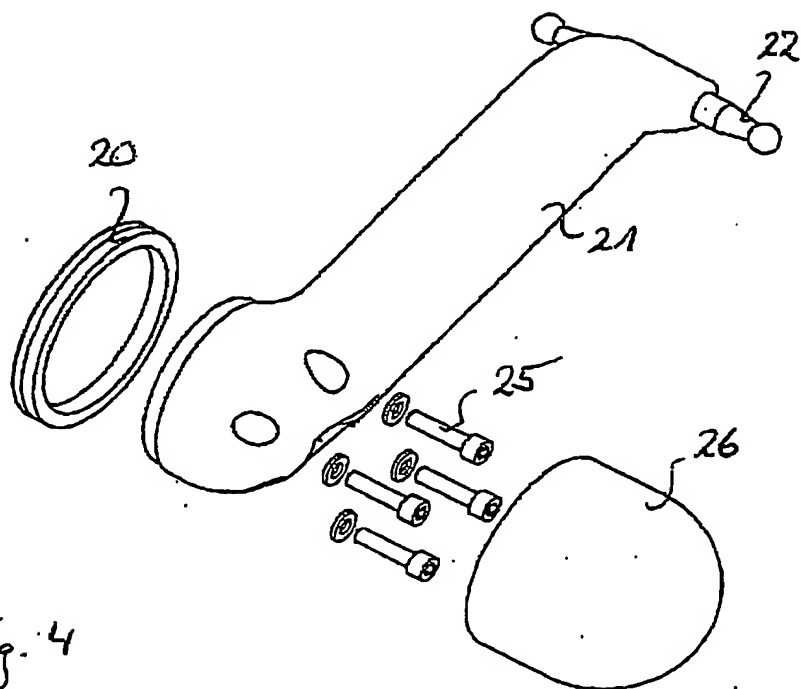


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**